



REC'D 17 DEC 2004	
WIPO	PCT

# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 18 OCT. 2004

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

DOCUMENT DE  
PRIORITÉ  
PRÉSENTÉ OU TRANSMIS  
CONFORMÉMENT À LA RÈGLE  
17.1. a) OU b)

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint-Petersbourg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr

BEST AVAILABLE COPY

**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE**  
**page 1/2**



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 @ W/ 210502

<b>REMISE DES PIÈCES</b> DATE <b>10 OCT 2003</b> UEU <b>38 INPI GRENOBLE</b> N° D'ENREGISTREMENT <b>0311897</b> NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE <b>10 OCT. 2003</b> PAR L'INPI		<b>1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE</b> Cabinet Hecké World Trade Center - Europole 5, place Robert Schuman BP 1537 38025 Grenoble Cedex 1	
<b>Vos références pour ce dossier</b> <b>PA1799FR</b> <i>(facultatif)</i>			
<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b>		<input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie	
<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b> Demande de brevet Demande de certificat d'utilité Demande divisionnaire <i>Demande de brevet initiale</i> <i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i> Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i>		<b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> N° _____ Date _____ N° _____ Date _____ N° _____ Date _____	
<b>3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b> <b>Dispositif à jonction tunnel magnétique et procédé d'écriture/lecture d'un tel dispositif</b>			
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
<b>5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)</b> Nom ou dénomination sociale _____ Prénoms _____ Forme juridique _____ N° SIREN _____ Code APE-NAF _____ Domicile ou siège _____ Rue _____ Code postal et ville _____ Pays _____ Nationalité _____ N° de téléphone <i>(facultatif)</i> _____ Adresse électronique <i>(facultatif)</i> _____		<input checked="" type="checkbox"/> <b>Personne morale</b> <input type="checkbox"/> <b>Personne physique</b> <b>Commissariat à l'Energie Atomique</b> <b>Etablissement Public de Caractère scientifique, technique et industriel</b> <b>31- 33 rue de la Fédération</b> <b>75752 Paris</b> <b>française</b> N° de télécopie <i>(facultatif)</i> _____ <input type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	

**BREVET D'INVENTION**  
**CERTIFICAT D'UTILITÉ**
**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE**  
 page 2/2

**BR2**

REMISE DES PIÈCES DATE <b>10 OCT 2003</b> LIEU <b>38 INPI GRENOBLE</b> N° D'ENREGISTREMENT <b>0311897</b> NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI <b>PA1799FR</b> DB 540 W / 210502						
<b>6 MANDATAIRE (s'il y a lieu)</b>								
Nom Prénom Cabinet ou Société  N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel  Adresse <table border="1"> <tr> <td>Rue</td> <td>World Trade Center - Europole 5, place Robert Schuman - BP 1537</td> </tr> <tr> <td>Code postal et ville</td> <td>38025 Grenoble Cedex</td> </tr> <tr> <td>Pays</td> <td>France</td> </tr> </table> N° de téléphone (facultatif) N° de télécopie (facultatif) Adresse électronique (facultatif)		Rue	World Trade Center - Europole 5, place Robert Schuman - BP 1537	Code postal et ville	38025 Grenoble Cedex	Pays	France	<b>Hecké Jouvray</b> <b>Gérard Marie-Andrée</b> <b>Cabinet Hecké (S.A.)</b>  <b>04 76 84 95 45</b> <b>04 76 84 95 48</b> <b>hecke@dial.oleane.com</b>
Rue	World Trade Center - Europole 5, place Robert Schuman - BP 1537							
Code postal et ville	38025 Grenoble Cedex							
Pays	France							
<b>7 INVENTEUR (S)</b>								
Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)						
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>								
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> Établissement immédiat <input type="checkbox"/> Établissement différé						
Paiement échelonné de la redevance (en deux versements)		Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non						
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requise pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence): AG						
<b>10 SÉQUENCES DE NUCLEOTIDES ET/OU D'ACIDES AMINÉS</b>		<input type="checkbox"/> Cochez la case si la description contient une liste de séquences						
Le support électronique de données est joint La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>						
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes								
<b>11 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)</b> Gérard Hecké CPI 95-1201 Marie-Andrée Jouvray CPI 01-0410		<b>VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI</b>						

## Dispositif à jonction tunnel magnétique et procédé d'écriture/lecture d'un tel dispositif

### 5      **Domaine technique de l'invention**

L'invention concerne un dispositif magnétique comportant successivement

- une première électrode,
- une jonction tunnel magnétique comportant successivement une  
10      première couche magnétique formant une couche de référence et  
         ayant une aimantation fixe, une couche électriquement isolante  
         constituant une barrière tunnel et une seconde couche magnétique  
         formant une couche de stockage et ayant une aimantation de  
         direction réversible
- 15      - et une seconde électrode.

### **État de la technique**

20

Le document FR2832542 décrit un dispositif magnétique à jonction tunnel magnétique et des procédés d'écriture et de lecture utilisant ce dispositif. Comme représenté à la figure 1, la jonction tunnel comporte successivement une première couche magnétique formant une couche de référence 1 et ayant  
25      une aimantation 2 fixe, une couche électriquement isolante constituant une  
         barrière tunnel 3 et une seconde couche magnétique formant une couche de  
         stockage 4 et ayant une aimantation 5 de direction réversible, représentée par  
         une flèche bidirectionnelle sur la figure 1. L'aimantation 5 de direction réversible  
         de la couche de stockage 4 peut être orientée par rapport à l'aimantation 2 fixe

de la couche de référence 1, de manière à ce que les aimantations soient parallèles ou antiparallèles.

La température de blocage de l'aimantation de la couche de stockage 4 est inférieure à la température de blocage de la couche de référence 1. Le dispositif comprend aussi une source de courant 6, un interrupteur 7 et des moyens (non-représentés) pour appliquer un champ magnétique à la couche de stockage et, ainsi, orienter l'aimantation 5 de la couche de stockage 4 par rapport à l'aimantation 2 de la couche de référence 1 sans modifier l'orientation de l'aimantation 2 de la couche de référence 1.

Lors d'une phase d'écriture, c'est-à-dire lors d'une phase d'aimantation de la couche de stockage 4 par application d'un champ magnétique extérieur, on fait circuler un courant électrique  $I$ , à travers la jonction tunnel, pour chauffer la couche de stockage 4 au-delà de la température de blocage de son aimantation 5.

Lors d'une phase de lecture, l'orientation de l'aimantation 5 de la couche de stockage 4 par rapport à celle de la couche de référence 1 est mesurée par l'intermédiaire de la résistance de la jonction tunnel magnétique, qui dépend de l'orientation de l'aimantation 5 de la couche de stockage 4 par rapport à celle de la couche de référence 1.

Pendant l'écriture, une tension de l'ordre de 0,5 V est appliquée aux bornes de la jonction, nécessitant une puissance électrique relativement élevée. Par ailleurs, la jonction peut être endommagée par cette puissance. La tension appliquée pour la lecture est typiquement de 0,3V. La jonction tunnel est alors également chauffée pendant la lecture, ce qui augmente le risque d'une écriture inopinée.

La figure 2 représente l'énergie potentielle 8 des électrons dans une jonction tunnel soumise à une différence de potentiel  $V$ . La jonction est constituée par une couche émettrice d'électrons et une couche réceptrice d'électrons, disposées de part et d'autre de la barrière tunnel placée à  $X_0$  et ayant respectivement des niveaux de Fermi supérieur  $E_{fs}$  et inférieur  $E_{fi}$ . La différence des niveaux de Fermi est proportionnelle à la différence de potentiel :  $E_{fs} - E_{fi} = eV$ ,  $e$  étant la charge élémentaire de l'électron. Comme illustré par la flèche 9, un électron émis par la couche émettrice traverse la barrière tunnel, par effet tunnel, sans dissiper de l'énergie. Ensuite, lors de la relaxation inélastique de l'électron d'une énergie supérieure  $E_{fs}$  vers une énergie inférieure  $E_{fi}$ , l'électron dissipe l'énergie  $eV$  dans la couche réceptrice d'électrons, par exemple par création de phonons 10 et/ou de magnons 11, ce qui augmente la température de la couche réceptrice d'électrons. La relaxation inélastique a lieu sur une longueur caractéristique, le libre parcours moyen inélastique  $\lambda_{in}$ , qui est typiquement de l'ordre de quelques nanomètres dans les matériaux magnétiques usuellement utilisés dans les jonctions tunnel magnétiques. Ainsi, la production de chaleur par le courant tunnel est maximale dans une zone d'une épaisseur de quelques nanomètres, localisée dans la couche réceptrice et adjacente à la barrière tunnel.

### Objet de l'invention

L'invention a pour but de remédier à ces inconvénients et, en particulier, de réaliser un dispositif permettant de chauffer la couche de stockage efficacement tout en minimisant la puissance électrique nécessaire pour cet échauffement, afin de réduire la consommation électrique du dispositif.

Selon l'invention, ce but est atteint par le fait que le dispositif comporte au moins une première barrière thermique, constituée par une couche disposée entre la seconde couche magnétique et la seconde électrode et constituée par un matériau ayant une faible conductivité thermique.

5

Selon un développement de l'invention, une deuxième barrière thermique est constituée par une couche disposée entre la première électrode et la première couche magnétique.

10 Une troisième barrière thermique peut être constituée par la barrière tunnel.

L'invention a également pour but un procédé de lecture/écriture d'un dispositif magnétique selon l'invention,

- 15 - une phase d'écriture comportant la circulation d'un courant électrique, à travers la jonction tunnel, de la seconde couche magnétique vers la première couche magnétique, de manière à échauffer la seconde couche magnétique à une température supérieure à la température de blocage de l'aimantation de la seconde couche magnétique,
- 20 - et une phase de lecture comportant la circulation d'un courant électrique, à travers la jonction tunnel, de la première couche magnétique vers la seconde couche magnétique.

### **Description sommaire des dessins**

25

D'autres avantages et caractéristiques ressortiront plus clairement de la description qui va suivre de modes particuliers de réalisation de l'invention donnés à titre d'exemples non limitatifs et représentés aux dessins annexés, dans lesquels :

La figure 1 représente un dispositif comportant une jonction tunnel magnétique selon l'art antérieur.

La figure 2 représente les variations d'énergie des électrons dans une jonction tunnel selon l'art antérieur, soumise à une différence de potentiel.

Les figures 3 à 5 représentent trois modes de réalisation particuliers d'un dispositif magnétique selon l'invention.

La figure 6 représente deux distributions de température théoriques dans une jonction tunnel magnétique, respectivement pour un courant circulant de la couche de stockage vers la couche de référence et dans le sens inverse.

Les figures 7 à 9 représentent différentes distributions de température théoriques et correspondent respectivement aux modes de réalisation représentés aux figures 3, 4 et 5.

### **Description de modes particuliers de réalisation**

Un dispositif magnétique selon l'invention comporte des première et seconde électrodes entre lesquelles est disposée une jonction tunnel telle que celle représentée à la figure 1, une barrière thermique constituée par un matériau ayant une faible conductivité thermique étant en contact avec au moins une des couches magnétiques de la jonction tunnel, de manière à concentrer la chaleur produite par le courant tunnel dans la couche de stockage, pendant les phases d'écriture.

Sur la figure 3, le dispositif magnétique comporte successivement, selon un axe X, la première électrode 12, une jonction tunnel telle que celle représentée à la figure 1, une première barrière thermique et la seconde électrode 13. La première barrière thermique est constituée par une couche 14 disposée entre la



couche de stockage 4 et la seconde électrode 13. Les électrodes 12 et 13 sont à température ambiante et permettent de refroidir la jonction tunnel après les phases d'écriture et de lecture.

- 5 Sur la figure 4, en plus de la première barrière thermique, le dispositif comporte une deuxième barrière thermique, constituée par une couche 15 disposée entre la première électrode 12 et la couche de référence 1.

10 La couche de stockage 4 peut être constituée d'une couche unique de matériau magnétique ou d'une multicouche, dont le champ coercitif diminue rapidement lorsque la température est augmentée, dans un intervalle de température compris entre 20°C et 250°C. Par exemple, le matériau de la couche de stockage peut être un alliage de terbium (Tb) et de cobalt (Co) enrichi en cobalt près de l'interface entre la couche de stockage 4 et de la barrière tunnel 3, ce  
15 qui permet d'augmenter la polarisation des électrons traversant la barrière tunnel 3. L'alliage de Tb et de Co a une température de blocage proche de la température ambiante. La couche de stockage 4 peut également être constituée par une multicouche de répétition à aimantation perpendiculaire au plan des couches, par exemple par une alternance de deux couches en cobalt (Co) et en platine (Pt), ayant respectivement une épaisseur de 0,5nm et de 2nm.  
20

De préférence, la couche de stockage 4 est constituée par un empilement d'une couche ferromagnétique et d'une couche antiferromagnétique, par exemple en un composé de fer et de manganèse, par exemple du FeMn, ou en un composé  
25 d'iridium et de manganèse, comportant par exemple 20% de Ir et 80% de Mn, ayant une température de blocage comprise entre 130°C et 250°C.

De préférence, les première et/ou deuxième barrières thermiques ont une conductivité électrique telle que la résistance électrique de la barrière thermique

soit sensiblement plus faible que la résistance électrique de la barrière tunnel 3, de préférence au moins d'un facteur dix. En effet, la barrière thermique étant connectée en série avec la barrière tunnel 3 le signal de magnétorésistance est d'autant plus faible que la résistance électrique de la barrière thermique est grande. Le matériau des première et deuxième barrières thermiques est, de préférence, un alliage de bismuth (Bi) et de tellure (Te), par exemple le BiTe, qui présente une conductivité électrique relativement bonne ( $1,75\text{m}\Omega\text{cm}$ ) pour une très faible conductivité thermique ( $1,5\text{W/m/}^\circ\text{C}$ ).

- 10 Les première et deuxième barrières thermiques peuvent également comporter des matériaux métalliques de forte résistivité électrique comme, par exemple, des alliages à base de fer (Fe), de nickel (Ni) et/ou de cobalt (Co) et comportant entre 30% et 60% de chrome (Cr), de vanadium (V) ou de manganèse (Mn), ou des couches d'alliages de matériaux riches en Mn, par exemple les alliages
- 15 antiferromagnétiques utilisées pour les couches de piégeage dans les vannes de spin, par exemple les alliages de platine et de manganèse (PtMn), les alliages de fer et de manganèse (FeMn), les alliages de platine, de palladium et de manganèse (PtPdMn) et les alliages d'iridium et de manganèse comportant 20% d'iridium et 80% de manganèse ( $\text{Ir}_{0,2}\text{Mn}_{0,8}$ ). Lorsque la première barrière
- 20 thermique est constituée par une couche magnétique, par exemple antiferromagnétique, une couche 19 de découplage magnétique peut être disposée entre la première barrière thermique, constituée par la couche 14, et la couche de stockage 4, comme représenté à la figure 5, afin de découpler la barrière thermique magnétique de la couche de stockage 4. Le matériau de la
- 25 couche 19 de découplage magnétique peut être un matériau non-magnétique choisi parmi le tantale, le chrome, le vanadium, le manganèse et le platine. Dans le cas d'une deuxième barrière thermique antiferromagnétique, un découplage magnétique entre la deuxième barrière thermique et la couche de

référence n'est pas nécessaire, car l'aimantation de la couche de référence est piégée.

Dans le mode de réalisation particulier représenté à la figure 5, une troisième  
5 barrière thermique est constituée par la barrière tunnel 3 elle-même. Par exemple la barrière tunnel peut être en oxyde de silicium ( $\text{SiO}_2$ ), oxyde de zirconium ( $\text{ZrO}_2$ ) ou oxyde de titane ( $\text{TiO}_2$ ). Les conductivités thermiques de l'oxyde de zirconium et de l'oxyde de titane sont respectivement  $1,5\text{W/m/}^\circ\text{C}$  et  $7,4\text{W/m/}^\circ\text{C}$ .

10 La variation de température dans un dispositif selon l'art antérieur a été étudiée. Ainsi, la figure 6 représente deux distributions de température théoriques dans un dispositif magnétique comportant une jonction tunnel magnétique selon l'art antérieur, respectivement pour un courant circulant de la couche de stockage 4 vers la couche de référence 1 (courbe 17) et dans le sens inverse (courbe 18). Afin de faire ressortir la symétrie du profil de température généré par le passage du courant, la structure de cet exemple a été volontairement choisie symétrique. Le dispositif comporte successivement, selon l'axe X, entre la première  
15 électrode 12 et la seconde électrode 13 :

- 20 - une couche de tantale (Ta) d'une épaisseur de 5 nm disposée dans l'intervalle compris entre X1 et X2 sur la figure 6,
- un empilement d'une couche de 5nm de IrMn et d'une couche de 3nm de NiFe constituant la couche de référence 1 (X2-X0),
- une couche d'alumine de 0,6nm constituant la barrière tunnel 3, représentée,  
25 de par sa finesse, par la ligne pointillée disposée à X0,
- un empilement d'une couche de 3nm de NiFe et d'une couche de 5nm de IrMn constituant la couche de stockage 4 (X0-X3)
- et d'une couche de Ta d'une épaisseur de 5 nm (X3-X4).

Le dispositif est alors symétrique par rapport à la coordonnée  $X_0$  et ne comporte pas de barrière thermique. Les courbes 17 et 18 sont obtenues pour une jonction tunnel connectée à ces bornes à deux électrodes de cuivre, maintenues à température ambiante et ayant une différence de potentiel de 0,5V.

5

On observe sur la figure 6 une asymétrie des distributions de température 17 et 18. En effet, un courant circulant de la couche de stockage 4 vers la couche de référence 1 (courbe 17) correspond à un mouvement d'électrons de la couche de référence 1 vers la couche de stockage 4 (vers la droite, sur la figure), ce qui implique une dissipation de leur énergie dans la couche de stockage 4 (( $X_0$ - $X_3$ ), c'est-à-dire dans une zone disposée à droite de la barrière tunnel ( $X_0$ ), comme représenté à la figure 2. Ceci est illustré par l'amplitude de la courbe 17, plus importante pour des valeurs de  $X$  supérieures à  $X_0$  que pour des valeurs inférieures à  $X_0$ . La courbe 18 correspond à un mouvement d'électrons circulant de la droite vers la gauche sur la figure 6 et créant, ainsi, plus de chaleur pour des valeurs inférieures à  $X_0$ .

15

20

25

Ainsi, pour un courant donné, la direction du courant permet de définir dans la jonction la couche magnétique 1 ou 4 s'échauffant le plus. Ainsi, on peut réaliser un procédé de lecture/écriture d'un dispositif magnétique selon l'invention. Une phase d'écriture comporte la circulation d'un courant électrique  $I_1$  (figure 5), à travers la jonction tunnel, de la couche de stockage 4 vers la couche de référence 1, de manière à échauffer la couche de stockage 4 à une température supérieure à la température de blocage de l'aimantation 5 de la couche de stockage 4, tandis qu'une phase de lecture comporte la circulation d'un courant électrique  $I_2$  (figure 5), à travers la jonction tunnel, dans le sens inverse, c'est-à-dire de la couche de référence 1 vers la couche de stockage 4. Ainsi, la couche de stockage 4 est échauffée efficacement pendant les phases d'écriture, tandis que l'échauffement de la couche de stockage 4 pendant les phases de lecture

est diminué. Les courants  $I_1$  et  $I_2$  peuvent, par exemple, être générés par un générateur réversible 16.

La variation de température dans un dispositif selon l'invention est illustrée aux figures 7 à 9. Les distributions de température théoriques (courbes K1 à K5) représentées aux figures 7 à 9 sont obtenues pour une direction du courant électrique de la couche de stockage 4 vers la couche de référence 1, c'est-à-dire pour un mouvement des électrons de la couche de référence 1 vers la couche de stockage 4, et correspondent ainsi aux phases d'écriture.

Les courbes K1 à K5, ainsi que les courbes 17 et 18, illustrent la distribution de température en fin d'une impulsion de courant d'une durée de 500ps et d'une intensité de  $250\text{mA}/\mu\text{m}^2$ , correspondant à un produit de la résistance  $R$  de la jonction tunnel et de la surface  $S$  de la jonction tunnel  $RS=2\Omega\mu\text{m}^2$ . Pendant la durée de l'impulsion, la température de la jonction s'élève rapidement pour atteindre un régime permanent correspondant au maximum de température. Puis, lorsque le courant est annulé, la température retombe rapidement vers la température ambiante par diffusion de la chaleur vers les électrodes 12 et 13 extérieures qui agissent comme des thermostats.

Les trois courbes K1, K2 et K3 représentées à la figure 7 illustrent l'évolution des distributions de température dans des dispositifs magnétiques selon la figure 3 comportant différentes couches 14. Lesdits dispositifs magnétiques comportent également chacun une couche de tantale, disposée dans l'intervalle comprise entre X1 et X2 sur la figure 7 (non-représentée à la figure 3).

Ainsi, la couche 14 du dispositif magnétique pour la courbe K1 est constituée par un empilement d'une couche de BiTe d'une épaisseur de 5nm (X3-X4) et

d'une couche de Ta d'une épaisseur de 5nm (X4-X5), disposées successivement entre la couche de stockage 4 et la seconde électrode 13.

5 La couche 14 pour la courbe K2 est constituée par un empilement d'une couche de Ta d'une épaisseur de 5nm (X3-X4) et d'une couche de BiTe d'une épaisseur de 5nm (X4-X5), disposées successivement entre la couche de stockage 4 et la seconde électrode 13.

10 La couche 14 correspondant à la courbe K3 est constituée par un empilement d'une couche de Ta d'une épaisseur de 5nm (X3-X4) et d'une couche de BiTe d'une épaisseur de 10nm (X4-X6), disposées successivement entre la couche de stockage 4 et la seconde électrode 13.

15 En effet, l'utilisation de barrières thermiques permet d'atteindre des températures comprises entre 100°C et 175°C dans la couche magnétique (X0-X3), donc plus importantes que les températures obtenues dans un dispositif selon l'art antérieur (figure 6, courbe 17, toujours nettement inférieure à 100°C). L'efficacité de la barrière thermique est d'autant meilleure que son épaisseur est importante. En effet, la courbe K3 est supérieure à la courbe K2. Cependant,  
20 l'épaisseur de la barrière thermique limite la cinétique de la diminution de température une fois que le courant est annulé.

Par ailleurs, afin de réduire la consommation électrique nécessaire pour l'échauffement, la couche de stockage 4 a, de préférence, une épaisseur faible,  
25 par exemple de l'ordre de 8nm.

Les distributions de température représentées par les courbes K1 à K3 sont obtenues pour une barrière tunnel 3 en alumine. L'alumine étant un bon conducteur thermique, la chaleur produite dans la couche de stockage 4

s'évacue en passant à travers la barrière tunnel 3 et la couche de référence 1 vers la première électrode 12. Afin de limiter cette déperdition de chaleur qui nuit à l'efficacité de l'échauffement, il est alors avantageux d'introduire la deuxième barrière thermique, représentée à la figure 4, pour confiner autant que possible la chaleur dans la couche de stockage 4.

La courbe K4 représentée à la figure 8 illustre la distribution de température d'un dispositif comportant une première et une deuxième barrière thermique, constituées respectivement par une couche 14 et une couche 15. La couche 15 est constituée par un empilement d'une couche de 5nm de Ta (X7-X1) et d'une couche de 5 nm de BiTe (X1-X2), disposées successivement entre la première électrode 12 et la souche de référence 1. La couche 14 est identique à la couche 14 correspondant à la courbe K1. La température dans la couche de stockage 4 (X0-X3) est de l'ordre de 300°C, donc plus importante que dans le cas de l'utilisation d'une première barrière thermique uniquement (courbe K1).

La figure 9 illustre la distribution de température (courbe K5) obtenue pour un dispositif comportant une troisième barrière thermique constituée par la barrière tunnel 3 elle-même et une première barrière thermique constituée par la couche 14. La barrière tunnel 3 est constituée par une couche en silice d'une épaisseur de 0,6nm. La couche 14 et la couche de référence 1 sont respectivement identiques à celles correspondant à la courbe K2. La température dans la couche de stockage 4 (X0-X3) est de l'ordre de 175°C (courbe K5), donc supérieure à la température d'un dispositif ayant une barrière tunnel 3 en alumine (courbe K2) dont la température ne dépasse pas les 150°C. En effet, la silice a une conductivité thermique (1,5W/m/°C) plus faible que l'alumine (36,7W/m/°C) et permet, ainsi, de confiner la chaleur plus efficacement dans la couche de stockage 4.

L'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation représentés. En particulier, toute combinaison des première, deuxième et troisième barrières thermiques est possible.



## Revendications

### 1. Dispositif magnétique comportant successivement

- une première électrode (12),
- une jonction tunnel magnétique comportant successivement une première couche magnétique (1) formant une couche de référence et ayant une aimantation (2) fixe, une couche électriquement isolante constituant une barrière tunnel (3) et une seconde couche magnétique (4) formant une couche de stockage et ayant une aimantation (5) de direction réversible
- et une seconde électrode (13),

dispositif caractérisé en ce qu'il comporte au moins une première barrière thermique, constituée par une couche (14) disposée entre la seconde couche magnétique (4) et la seconde électrode (13) et constituée par un matériau ayant une faible conductivité thermique.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'une deuxième barrière thermique est constituée par une couche (15) disposée entre la première électrode (12) et la première couche magnétique (1).

3. Dispositif selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que le matériau des première et/ou deuxième barrières thermiques a une conductivité électrique telle que la résistance électrique de la barrière thermique soit sensiblement plus faible que la résistance électrique de la barrière tunnel (3).

4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le matériau des première et/ou deuxième barrières thermiques comporte au moins un alliage de bismuth et de tellure.

5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que le matériau des première et/ou deuxième barrières thermiques comporte au moins un composé choisi parmi les alliages à base de fer, de nickel et/ou de cobalt et comportant entre 30% et 60% d'un élément chimique choisi parmi le chrome, le vanadium et le manganèse.

6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 2 à 5, caractérisé en ce que le matériau des première et/ou deuxième barrières thermiques comporte au moins un alliage choisi parmi les alliages de platine et de manganèse, les alliages de fer et de manganèse, les alliages de platine, de palladium et de manganèse et les alliages d'iridium et de manganèse comportant 20% d'iridium et 80% de manganèse.

7. Dispositif selon l'une des revendications 5 et 6, caractérisé en ce que, la première barrière thermique étant constituée par une couche antiferromagnétique, le dispositif comporte une couche (19) de découplage magnétique disposée entre la première barrière thermique et la seconde couche magnétique (4).

8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que le matériau de la couche (19) de découplage magnétique est choisi parmi le tantale, le chrome, le vanadium, le manganèse et le platine.

9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'une troisième barrière thermique est constituée par la barrière tunnel (3).

10. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que le matériau de la barrière tunnel (3) est choisi parmi l'oxyde de silicium, l'oxyde de zirconium et l'oxyde de titane.

11. Procédé de lecture/écriture d'un dispositif magnétique selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que

- 5           - une phase d'écriture comporte la circulation d'un courant électrique (I1), à travers la jonction tunnel, de la seconde couche magnétique (4) vers la première couche magnétique (1), de manière à échauffer la seconde couche magnétique (4) à une température supérieure à la température de blocage de l'aimantation (5) de la seconde couche magnétique (4),
- 10          - et une phase de lecture comporte la circulation d'un courant électrique (I2), à travers la jonction tunnel, de la première couche magnétique (1) vers la seconde couche magnétique (4).

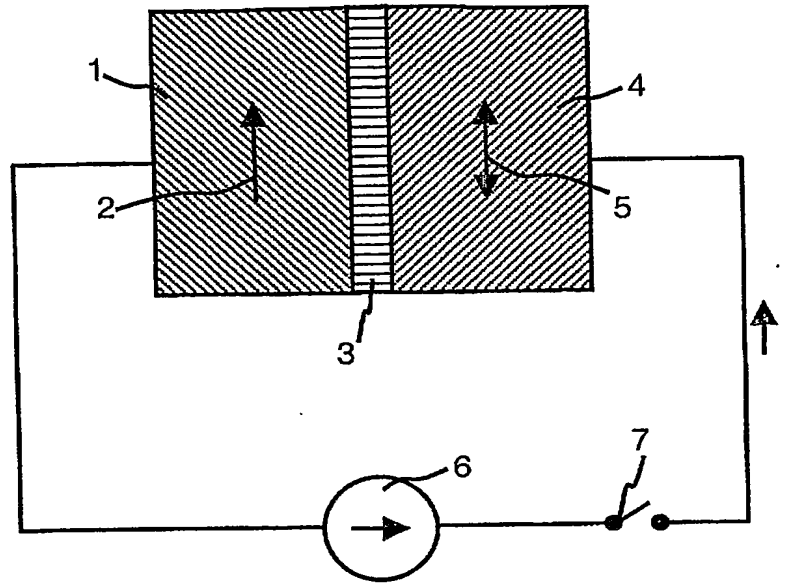


Figure 1 (art antérieur)

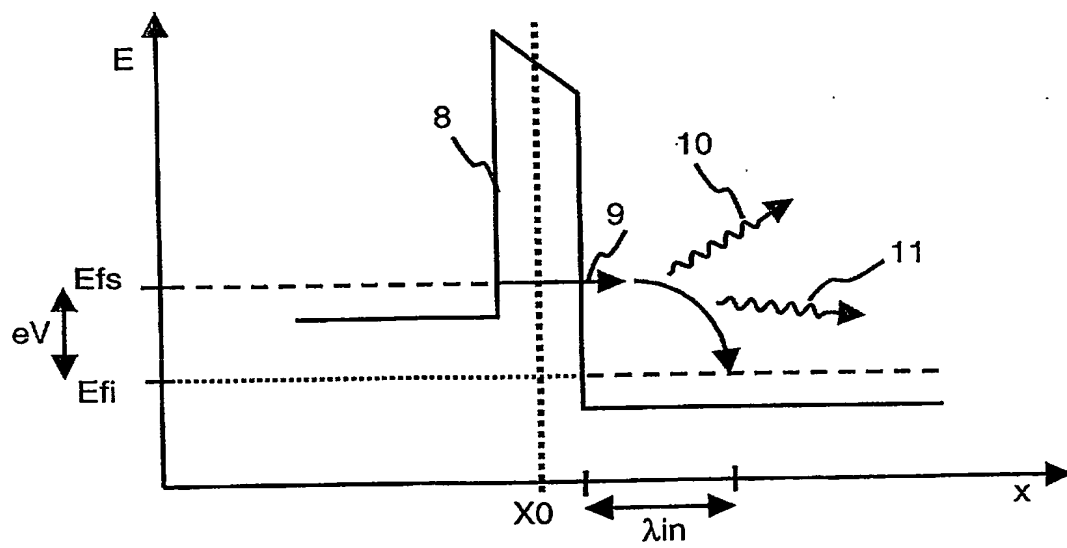


Figure 2 (art antérieur)

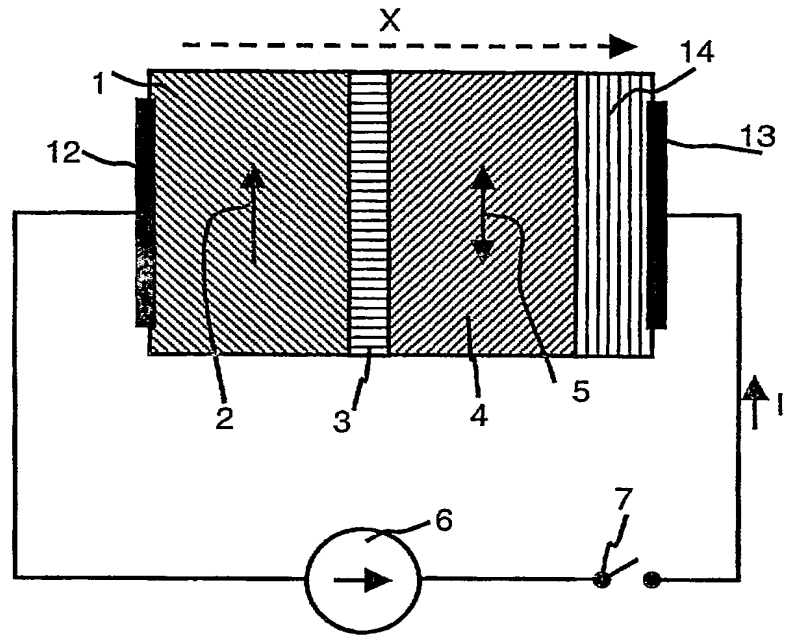


Figure 3

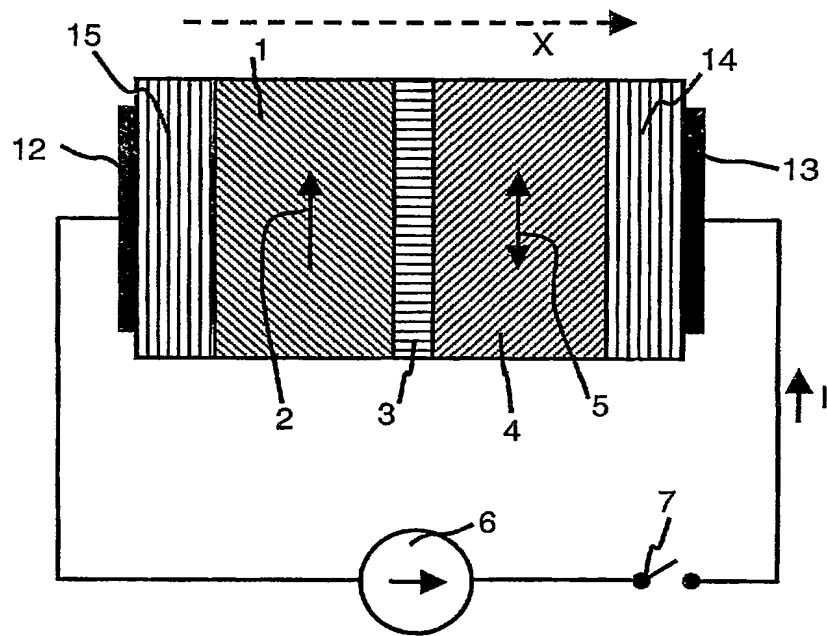


Figure 4

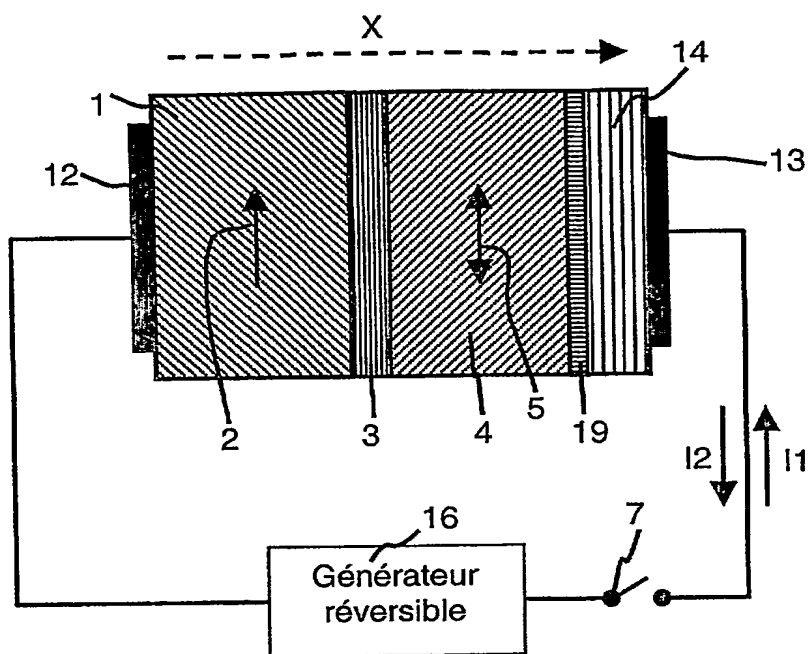


Figure 5

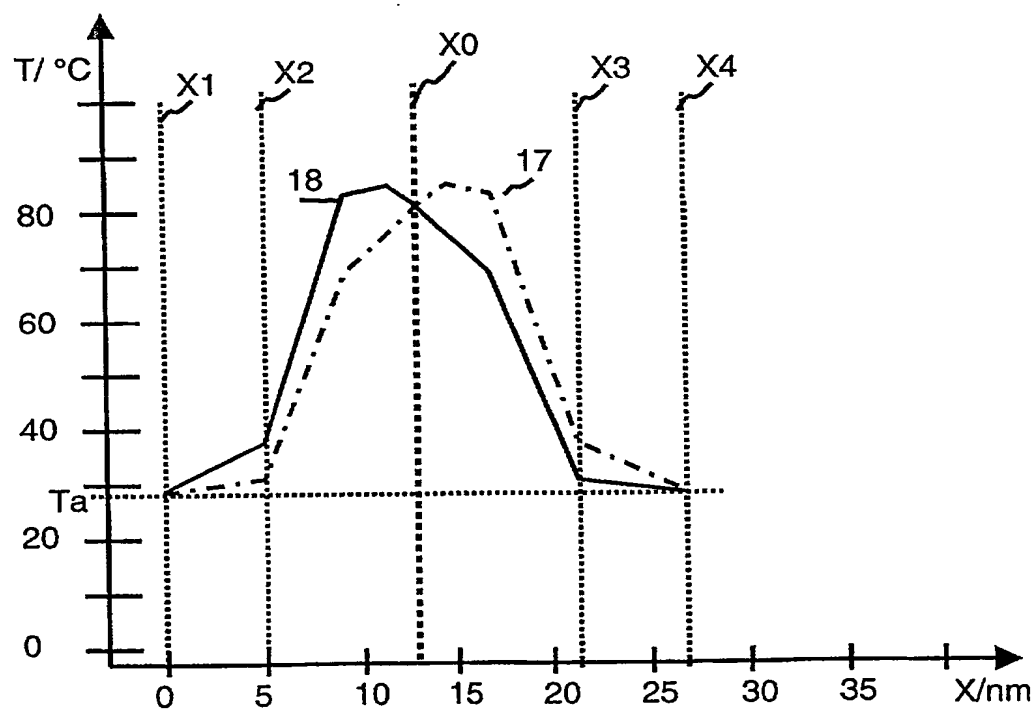


Figure 6

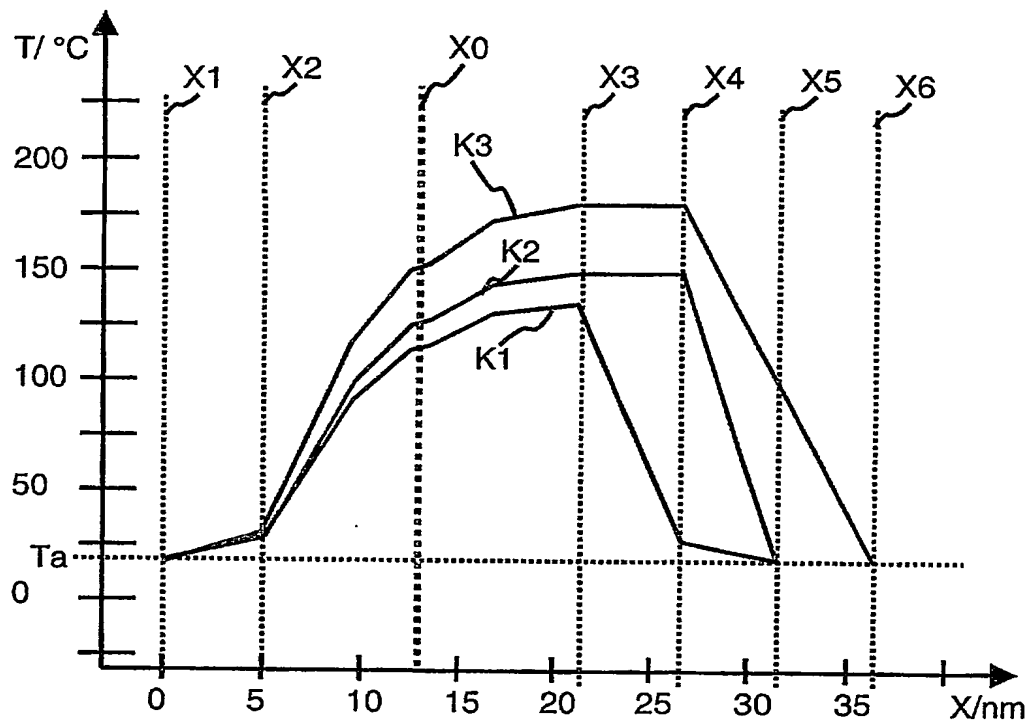


Figure 7

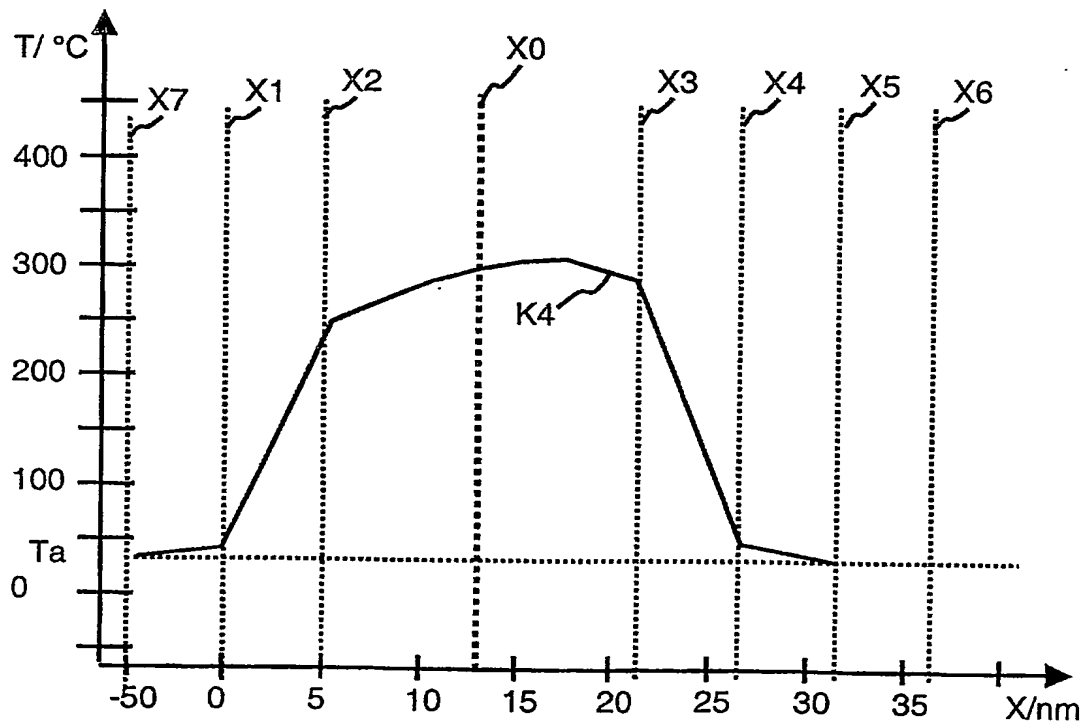


Figure 8

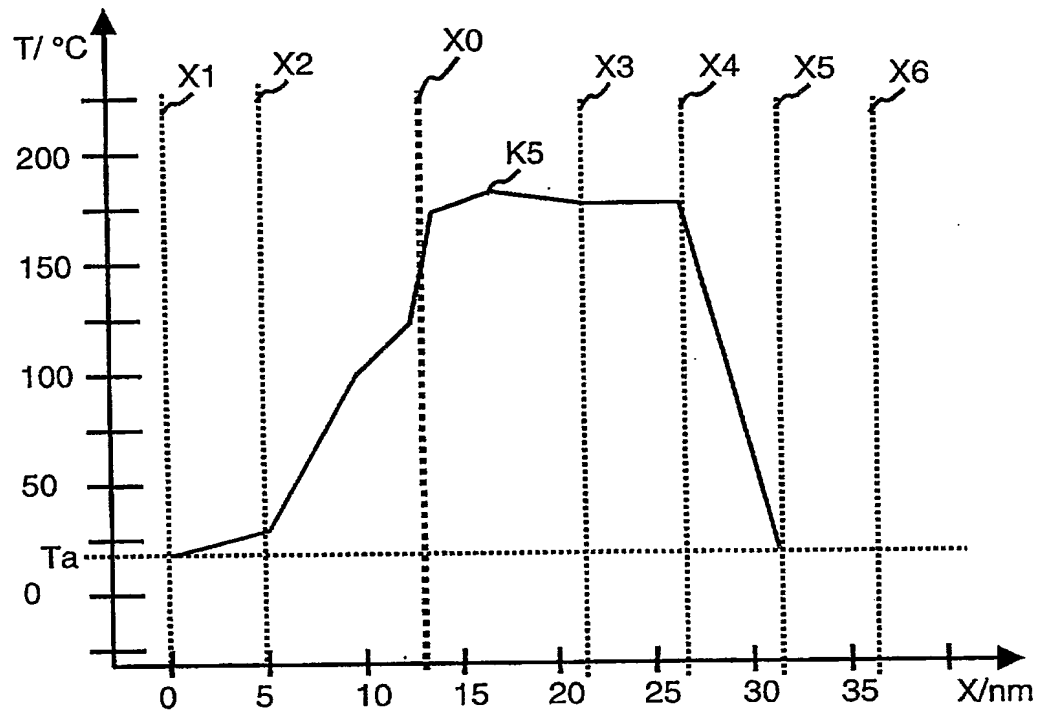


Figure 9



DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

**DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S)** Page N° 1/ 1

(À fournir dans le cas où les demandeurs et  
les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 @ W / 270601

Vos références pour ce dossier ( <i>facultatif</i> )		PA1799FR
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		03 11897
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)		
Dispositif à jonction tunnel magnétique et procédé d'écriture/lecture d'un tel dispositif		
LE(S) DEMANDEUR(S) :		
Commissariat à l'Energie Atomique		
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :		
1 Nom		Dieny
Prénoms		Bernard
Adresse	Rue	180, allée des Erables
	Code postal et ville	38250 Lans en Vercors
Société d'appartenance ( <i>facultatif</i> )		
2 Nom		Sousa
Prénoms		Ricardo
Adresse	Rue	15 boulevard Maréchal Leclerc
	Code postal et ville	38000 Grenoble
Société d'appartenance ( <i>facultatif</i> )		
3 Nom		Stanescu
Prénoms		Dana
Adresse	Rue	12 rue du Vercors Résidence l'Arche
	Code postal et ville	38000 Grenoble
Société d'appartenance ( <i>facultatif</i> )		
S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.		
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		
Gérard Hecké CPI 95-1201		Marie-Andrée Jouvray CPI 01-0410

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**